

УДК 630.18.+630.182

И.В. Калашникова, З.Я. Нагимов, А.К.Махнев
(Ботанический сад УрО РАН)

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ НАДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЫ БЕРЕЗ В КУЛЬТУРАХ НА ЗОЛООТВАЛЕ

В сравнительном плане изучены особенности формирования надземной фитомассы 2 лесообразующих видов берез в 14-летних культурах на золоотвале. Разработан модельный ряд распределения фитомассы по фракциям в зависимости от диаметра ствола.

Количество объектов, относящихся к категории так называемых нарушенных земель, ежегодно возрастает. Большинство из них оказывает негативное воздействие на природные комплексы, в том числе и золошлакоотвалы тепловых элестростанций. Вопросы рекультивации подобных объектов по-прежнему актуальны.

Сотрудниками Лаборатории экологии техногенных растительных сообществ Ботанического сада УрО РАН в рамках разработки и внедрения методов сельскохозяйственно-лесного направления рекультивации на части золоотвала №1 Рефтинской ГРЭС, вышедшей из эксплуатации, были созданы лесные культуры в период с 1991 по 1994 гг. Эффективность выбранного направления могут показать только исследования, отражающие особенности адаптации различных видов растений к условиям золоотвала.

Результаты мониторинга культурдендроценозов, созданных на золоотвале, свидетельствуют об их сохранности, хорошем состоянии и энергии роста. По последнему показателю береза в 1,5 раза превосходит другие породы (Махнев и др., 2002). Интерес к изучению березы связан также с ее «пионерностью» при заселении новых территорий и высокой пластичностью к изменяющимся условиям среды.

Объектом наших исследований выступали культурдендроценозы, созданные в 1993 г. с нанесением на поверхность золы сплошного слоя почвогрунта толщиной 55-60 см и посадкой двухлетних семян сосны обыкновенной, ели сибирской, лиственницы сибирской, берез повислой и пушистой.

Целью работы явилось изучение структуры и особенностей формирования фитомассы деревьев двух лесообразующих видов березы: повислой (*Betula pendula* Roth.) и пушистой (*B. pubescens* Ehrh.) при совместном произрастании на золоотвале.

На наш взгляд, количественная оценка биопродуктивного процесса в полном объеме важна как при оценке устойчивости различных видов растений к техногенному стрессу, так и при решении вопросов повышения

средозащитных и санитарно-гигиенических функций насаждений, произрастающих на нарушенных землях.

В основу исследований положен метод пробных площадей. Работа осуществлялась в соответствии с требованиями ОСТ 56-09-89. На пробной площади производился сплошной пересчет деревьев по ступеням толщины, породам и видам березы. При этом использовались методические указания (Усольцев, Нагимов, 1988). Для определения фитомассы отбирались по 9 модельных деревьев каждого вида березы, которые затем спиливались. Модельные деревья выбирались средними по диаметру, высоте и размерам крон для ступеней толщины по способу пропорционального представительства. Рубка их осуществлялась в августе, когда полностью сформировался ассимиляционный аппарат, но не начался процесс интенсивного опадения листьев. До рубки дерева измерялись диаметр ствола на высоте 1,3 м и диаметр кроны в двух взаимно перпендикулярных направлениях. После рубки определялась общая длина ствола и протяженность живой кроны. Затем крона отделялась от ствола, производилось ее деление на живые и отмершие ветви и самостоятельное взвешивание каждой из этих составляющих с точностью до 50 г. Для установления соотношения листвы и древесной части от общего объема живых ветвей механическим путем отбирали навеску ($1/2 - 1/4$ часть по весу). Листья в навеске отделялись от ветвей, и производилось взвешивание каждой из сформированных таким образом фракций с точностью до 50 г. Для установления влажности и абсолютно сухого веса листьев и ветвей отбирались их образцы, которые сразу взвешивались с точностью 0,1 г. Причем ветви предварительно окоривались, и вес коры и древесины определялся отдельно.

У ствола выпиливались диски на серединах односторонних секций, у шейки корня, на высоте 1,3 м и у основания вершинки для определения влажности и доли древесины и коры. Распиленный ствол и диски взвешивались с точностью 50 г и 0,1 г соответственно.

Анализ специальной литературы свидетельствует, что в исследованиях фитомассы древостоев одним из важных этапов является изучение зависимостей между массой фракций и таксационными показателями деревьев и древостоев (Ермаков, 1986; Усольцев, Нагимов, 1988). Прежде всего это связано с поиском наилучших факторов для объяснения изменчивости фитомассы и стремлением использовать их при оценочных работах. По простоте и надежности определения в полевых условиях и степени корреляции с фитомассой отдельных фракций наибольший интерес представляет диаметр деревьев. К тому же ряд распределения деревьев по толщине (данные сплошного подсчета) позволяет установить фитомассу древостоев в целом.

Статистическая обработка экспериментального материала выявила наличие тесных связей между диаметром деревьев на высоте 1,3 м и фракциями надземной фитомассы.

Проведенный регрессионный анализ показал, что эти связи наиболее корректно передаются уравнением степенной функции:

$$P = a \cdot d^b,$$

где P – фитомасса дерева, кг; a и b – коэффициенты уравнения; d – диаметр дерева на высоте 1,3 м, см.

Показатели уравнений связи, полученных на основе выборок модельных деревьев, приведены в табл.1.

Таблица 1

Характеристика уравнения

Фракция	R^2 , %	SE	P-value	T- критерий
<i>Betula pendula</i>				
1	98,3	0,076	< 0,0001	12,6
2	98,3	0,113	< 0,0001	15,6
3	99,3	0,053	< 0,0001	14,9
4	96,1	0,181	< 0,0001	12,4
5	98,2	0,130	< 0,0001	13,3
6	97,0	0,161	< 0,0001	13,1
7	89,4	0,199	0,0001	7,4
8	96,2	0,156	< 0,0001	12,9
9	99,0	0,070	< 0,0001	14,8
<i>Betula pubescens</i>				
1	89,2	0,175	0,0001	7,7
2	81,5	0,341	0,0009	5,0
3	94,5	0,133	< 0,0001	10,2
4	80,1	0,330	0,0011	5,3
5	86,1	0,280	0,0003	6,6
6	83,0	0,306	0,0006	5,9
7	67,8	0,309	0,0064	3,9
8	78,1	0,306	0,0016	5,5
9	98,9	0,143	< 0,0001	10,9

Примечание. Фракции фитомассы: 1- древесина ствола, 2- кора ствола, 3- итога ствола, 4 – древесина ветвей, 5 – кора ветвей, 6 – итога ветвей, 7 – листья, 8 – итога крона, 9 – надземная фитомасса.

Как видно из данных табл. 1, значения коэффициента детерминации R^2 варьируют в зависимости от фракции в пределах от 89,4 до 99,3% у Березы повислой и от 67,8 до 98,9 % - у березы пушистой. Различия по величине коэффициента детерминации свидетельствуют о большей остаточной

изменчивости массы фракций у березы пушистой по сравнению с березой повислой. Связи достоверны на однопроцентном уровне значимости.

Наиболее тесно с диаметром деревьев у обоих видов березы связана фитомасса стволов. При этом значения коэффициента детерминации составляют для березы повислой и березы пушистой соответственно 99,3% и 94,5 %. Наиболее изменчивой фракцией является фитомасса листьев.

На основе уравнений связи для каждого вида березы рассчитаны значения фракций надземной фитомассы по односантиметровым ступеням толщины в среднем на одно дерево (табл.2).

Статистический анализ данных табл. 2 показал, что в 14-летнем возрасте по величине надземной фитомассы достоверно значимых отличий между видами березы нет. Однако можно говорить о некоторых тенденциях: в маломерных ступенях толщины общая фитомасса у березы повислой больше, чем у березы пушистой. С увеличением толщины ствола различия закономерно уменьшаются, и в крупномерных ступенях толщины значения надземной фитомассы у обоих видов березы практически одинаковы. Например, при диаметре ствола 5 см величина фитомассы у березы повислой и березы пушистой составляет 11,02 и 10,51 кг соответственно, а при диаметре ствола 10 см – 51,67 и 51,58 кг.

Определенные различия между видами березы прослеживаются и в структуре надземной фитомассы. У обоих видов наблюдается постепенное снижение доли ствола (с 72,22 до 65,57 % у *B. pendula* и с 68,50 до 66,11 % у *B. pubescens*) и возрастание доли кроны (с 25,71 до 32,97 % у *B. pendula* и с 29,56 до 31,18 % у *B. pubescens*) в общей фитомассе дерева. Это закономерность объясняется разрастанием крон у деревьев с увеличением их рангового положения по толщине.

Некоторые различия между видами березы наблюдаются в изменении фитомассы кроны в зависимости от диаметра деревьев: доля фитомассы кроны у деревьев березы повислой в тонкомерных ступенях толщины меньше, а в толстомерных больше, чем у березы пушистой.

Значительный интерес в подобных исследованиях представляет изучение структуры фитомассы кроны. Наши данные показывают, что по мере возрастания диаметра деревьев доля листьев в общей массе кроны уменьшается, доля ветвей соответственно увеличивается; процент сухих ветвей у вида *B. pendula* несколько уменьшается (с 2,07 до 1,46 %), а у вида *B. pubescens* возрастает (с 1,94 до 2,71 %). Существенной разницы в структуре фитомассы кроны между видами березы не выявлено. Перераспределение фитомассы по фракциям с увеличением диаметра у березы пушистой выражено слабее, чем у березы повислой. Причина выявленных отличий скорее всего кроется в общем отставании по росту и развитию березы пушистой в связи с ее экологическими особенностями. Береза повислая, как известно, является более засухоустойчивой и быстрорастущей по сравне-

Таблица 2
Распределение надземной фитомассы по фракциям в зависимости от диаметра деревьев у двух видов берез

Ступени тол- щи- ны, см	<i>Betula pendula</i>							<i>Betula pubescens</i>								
	Ствол		Крона				Общая	Ствол		Крона			Су- хие ветви	Об- щая		
			Все- го	Ли- ства	Ветви					Все- го	Лист- ва	Ветви				
					В т.ч. древ.	В т.ч. древ.						В т.ч. древ.			В т.ч. древ.	
4	—	—	—	—	—	—	—	—	4,32	3,37	1,86	1,02	0,84	0,53	0,12	6,30
5	7,96	6,24	2,83	1,51	1,32	0,87	0,23	11,02	7,14	5,33	3,15	1,54	1,61	0,97	0,22	10,51
	72,22	56,61	25,71	13,72	11,99	7,90	2,07	100	67,91	50,71	29,95	14,61	15,34	9,21	2,14	100
6	11,68	8,74	4,51	2,13	2,38	1,48	0,35	16,54	10,77	7,75	4,84	2,14	2,70	1,58	0,37	15,98
	70,62	52,85	27,23	12,81	14,42	8,95	2,15	100	67,43	47,53	30,27	13,41	16,86	9,91	2,3	100
7	16,17	11,63	6,67	2,84	3,83	2,32	0,49	23,33	15,25	10,64	6,95	2,84	4,11	2,40	0,55	22,75
	69,30	49,87	28,59	12,16	16,43	9,94	2,11	100	67,03	46,76	30,54	12,47	18,07	10,55	2,43	100
8	21,42	14,90	9,37	3,64	5,73	3,42	0,63	31,42	20,61	14,00	9,51	3,62	5,89	3,44	0,79	30,91
	68,18	47,42	29,82	11,59	18,23	10,88	2,00	100	66,68	45,28	30,78	11,71	19,07	11,13	2,54	100
9	27,46	18,53	12,64	4,54	8,10	4,82	0,76	40,86	26,89	17,82	12,55	4,49	8,06	4,73	1,06	40,50
	67,21	45,36	30,95	11,11	19,84	11,79	1,84	100	66,38	44,01	30,99	11,08	19,91	11,68	2,63	100
10	34,28	22,53	16,53	5,53	11,00	6,55	0,86	51,67	34,10	22,13	16,08	5,44	10,64	6,29	1,40	51,58
	66,34	43,60	31,99	10,69	21,30	12,67	1,67	100	66,11	42,90	31,18	10,54	20,64	12,19	2,71	100
11	41,91	26,88	21,07	6,60	14,47	8,46	0,93	63,91	—	—	—	—	—	—	—	—
	65,57	42,06	32,97	10,33	22,64	13,52	1,46	100	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание. В числителе — кг, в знаменателе - %

Таблица 3
Средние значения весовых и биометрических показателей модельных деревьев *Betula pendula* и *B. pubescens*
в 14-летнем возрасте

Диаметр ствола на высоте 1,3 м, см	Высота, м	Диаметр кроны, м	Протя- женность кроны, м	Весовые показатели фракций фитомассы, кг						Итого
				Ствол	Крона		Генерат. органы	Сухие ветви		
					В т.ч. листва	Ветви				
<i>Betula pendula</i>										
7,98 ± 0,75	8,55 ± 0,3	2,66 ± 0,26	6,43 ± 0,44	23,15 ± 4,41	3,9 ± 0,72	6,63 ± 1,63	0,27 ± 0,14	0,57 ± 0,11	34,42 ±6,88	
<i>Betula pubescens</i>										
6,89 ± 0,5	7,68 ± 0,3	2,59 ± 0,18	6,25 ± 0,21	15,64 ± 2,46	2,91 ± 0,38	4,24 ± 0,83	0,21 ± 0,14	0,42 ± 0,11	23,34 ± 3,6 5	

нию с пушистой (Гроздов, 1952; Кулагин, 1961), следовательно, более конкурентоспособной в пределах свойственной ей экологической ниши. Эта специфика сохраняется и в культурах на золоотвале, о чем убедительно свидетельствуют данные табл. 3. Тем не менее, достоверно утверждать о сохранении указанных нами тенденций как внутри вида, так и между видами без дополнительных исследований преждевременно.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 04-04-96118.

Библиографический список

- Гроздов Б.В. Дендрология. М.:Л.: Гослесбумиздат, 1952. 355 с.
- Ермаков В.И. Механизмы адаптации березы к условиям Севера. М.: Наука, 1986. С. 37-40.
- Кулагин Ю.З. О причинах засухоустойчивости березы бородавчатой // Тр. ин-та биологии УФАИ СССР. Вып. 25. 1961. С.67-73.
- Махнев А.К., Чибрик Т.С., Трубина М.Р. Экологические основы и методы биологической рекультивации золоотвалов тепловых электростанций на Урале. Екатеринбург, 2002. С.180-195.
- Усольцев В.А., Нагимов З. Я. Методы таксации фитомассы деревьев : Методические указания. Свердловск: УГЛТА, 1988. 43 с.